



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

**0 371 157  
A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 88119827.9

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: H01F 27/28

22 Anmeldetag: 28.11.88

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
06.06.90 Patentblatt 90/23

71 Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft  
Wittelsbacherplatz 2  
D-8000 München 2(DE)

84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB

72 Erfinder: Oppelt, Ralph, Dr.-Ing.  
Lindenweg 1  
D-8525 Uttenreuth(DE)

54 Leitungstransformator.

57 Ein Leitungstransformator, insbesondere zur An-  
kopplung der Antenne eines Kernspintomographen,  
besteht erfindungsgemäß aus zwei deckungsglei-  
chen Leiterbahnstrukturen (10, 11), die auf den ge-  
genüberliegenden Flachseiten eines als Dielektrikum  
vorgesehenen Substrats (8) angeordnet sind. Jede  
dieser Leiterbahnstrukturen (10, 11) enthält zwei Mu-  
ster konzentrischer Streifenleiter (16 bis 23), die  
spiegelsymmetrisch zu den Symmetrieachsen (A, B  
und A', B') angeordnet sind. Die Symmetrieachsen  
(A, B und A', B') verlaufen einander parallel und  
liegen auf den beiden Flachseiten einander gegen-  
über. Mit dieser Ausführungsform erhält man einen  
4-Tor-Differentialtransformator ohne ferromagneti-  
sches Material, der sich sowohl vom Tor 1 als auch  
vom Tor 2 aus gesehen symmetrisch zu den Toren  
3 und 4 verhält.

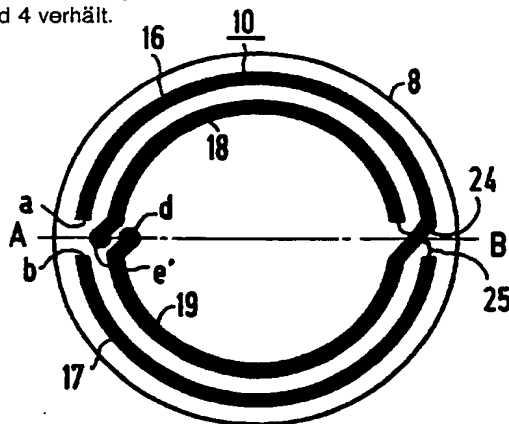


FIG 2

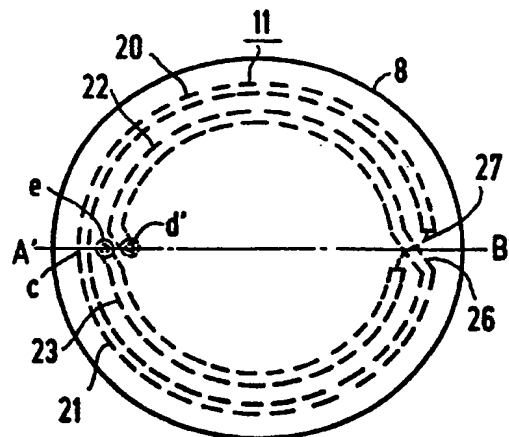


FIG 3

EP 0 371 157 A1

## Leitungstransformat r

Die Erfindung bezieht sich auf einen Leitungstransformator, der in der Hochfrequenztechnik beispielsweise zur Anpassung von Impedanzen verwendet werden kann.

Für den Bereich niederfrequenter Wechselströme geeignete Transformatoren enthalten im allgemeinen einen Kern aus ferromagnetischem Material sowie eine Primär- und Sekundärwicklung mit jeweils wenigstens einigen Windungen. Der dadurch gebildete Vierpol soll Strom und Spannung in gewünschter Weise ändern. Solche Übertrager sind zur Impedanztransformation geeignet, solange die Länge des eine Wicklung bildenden Leiters klein ist gegen die Wellenlänge. Funkantennen sollen bekanntlich auch für sehr hohe Frequenzen elektromagnetische Energie, d.h. beliebige Signale, unverzerrt übertragen. Bei Breitbandübertragern werden deshalb beide Wicklungen so eng gekoppelt, daß sie Leitungen mit definiertem Wellenwiderstand und vernachlässigbarem Strahlungsverlust bilden. Mit Leitungsübertragern kann praktisch jedes rationale Übersetzungsverhältnis realisiert werden (NTZ 1966, Heft 9, Seiten 527 bis 238).

Es ist ferner bekannt, daß Induktivitäten auch in Flachbauweise als sogenannte gedruckte Spulen ausgeführt sein können. Sie bestehen dann aus einem Leiter, beispielsweise in der Form einer Spirale, der auf der Oberfläche eines flachen Körpers aus elektrisch isolierendem Material angeordnet ist. Die gegenüberliegende Flachseite des Isolierstoffkörpers kann mit einer großflächigen Metallisierung versehen sein (1987 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., Vol. 1, Seiten 123 bis 126).

Zur Realisierung verschiedener Entkopplungs- und Verzweigungsschaltungen, beispielsweise Richtkoppler, werden in der Hochfrequenztechnik 4-Tor-Differentialtransformatoren benötigt. Diese in der Niederfrequenztechnik häufig als Gabelschaltung bezeichneten 4-Tore müssen zur Erzielung einer großen Bandbreite und zur Verminderung der Durchgangsverluste als Leitungstransformatoren ausgebildet werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die bekannten Leitungstransformatoren zu vereinfachen und zu verbessern, insbesondere soll ein 4-Tor-Differentialtransformator so gestaltet werden, daß er sich sowohl vom Tor 1 als auch vom Tor 2 aus gesehen völlig symmetrisch zu den Toren 3 und 4 verhält.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Diese Ausführungsform des Leitungstransformators in Streifenleitungstechnik ist einfach herstellbar und enthält keine ferromagnetischen Teile. Er kann somit auch in starken Magnetfeldern,

beispielsweise im Feld supraleitender Magnete, insbesondere im Grundfeld eines Kernspintomographen, eingesetzt werden. Durch die spiegelsymmetrische Anordnung der beiden Teile jeder der Leiterbahnstrukturen erhält man symmetrische elektrische Eigenschaften. Durch die Dicke des Substrats, d.h. den Abstand der beiden Leiterbahnstrukturen und die Breite der Streifenleiter, kann der benötigte Wellenwiderstand  $Z$  eingestellt werden. Auch der Kopplungsgrad zwischen den Teilinduktivitäten ist reproduzierbar.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Figur 1 das Niederfrequenz-Ersatzschaltbild eines 4-Tor-Differentialtransformators schematisch veranschaulicht ist. Die Figuren 2 und 3 zeigen eine Ausführungsform der Leiterbahnstrukturen gemäß der Erfindung. In den Figuren 4 und 5 ist eine besondere Ausführungsform dieser Leiterbahnstrukturen dargestellt.

Im Niederfrequenz-Ersatzschaltbild eines 4-Tor-Differentialtransformators gemäß Figur 1 mit einem Übersetzungsverhältnis 1:1 bildet die Eingangsklemme c und der zugeordnete, in der Figur nicht näher bezeichnete Masseanschluß das Tor 1. Das Tor 2 wird durch das Klemmenpaar d und e gebildet. Das Tor 3 wird durch die Klemme b und den entsprechenden Masseanschluß und das Tor 4 durch die Klemme a und dem zugeordneten Masseanschluß gebildet. Eine optimale Entkopplung der Tore 3 und 4 sowie der Tore 1 und 2 erhält man mit einer Impedanz von der Größe des Wellenwiderstandes  $Z$  an den Toren 3 und 4 und einer Impedanz  $Z/2$  an den Toren 1 und 2. Dieser 4-Tor-Differentialtransformator kann bekanntlich als Leitungstransformator dadurch hergestellt werden, daß ein vorzugsweise ferromagnetischer Träger 6 mit Leitungen vorbestimmter Impedanz bewickelt wird. Die Verwendung von ferromagnetischem Material bewirkt jedoch in hochfrequenten Wechselfeldern entsprechende zusätzliche Verluste. Ferner ist bei Verwendung von ferromagnetischem Material ein Betrieb in starken statischen Magnetfeldern nicht möglich.

Für eine Ausführungsform dieses 4-Tor-Differentialtransformators in Streifenleitungstechnik ergibt sich nun das Problem, daß er sich sowohl vom Tor 1 als auch vom Tor 2 aus gesehen völlig symmetrisch zu den Toren 3 und 4 verhalten soll.

Diese Eigenschaften hat ein Leitungstransformator in der Ausführungsform gemäß der Erfindung, wie sie in den Figuren 2 und 3 dargestellt ist. Gemäß Figur 2 ist der in Figur 1 dargestellte 4-Tor-Differentialtransformator in Streifenleitungstechnik ausgeführt. In dieser Ausführungsform enthält er

auf der oberen Flachseite eines Substrats 8 mit einer vorbestimmten Dicke von beispielsweise 0,8 mm und einer vorbestimmten relativen Dielektrizitätszahl, das als Dielektrikum dient, eine Leiterbahnstruktur 10 mit Leiterbahnen 16 bis 19 aus elektrisch leitendem Material, vorzugsweise Metall, insbesondere Kupfer, die jeweils aus einem Ringteil, praktisch einem Halbring, bestehen. Das Substrat 8 kann beispielsweise aus Kunststoff, vorzugsweise Tetrafluorethylen (Teflon), oder auch aus Keramik, beispielsweise Aluminiumoxid  $Al_2O_3$ , bestehen. Die beiden Streifenleiter 16 und 17 sind spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse A, B angeordnet. Konzentrisch zu diesen beiden Streifenleitern 16 und 17 sind zwei weitere Streifenleiter 18 und 19 ebenfalls spiegelsymmetrisch zur Symmetrieachse A, B angeordnet. Auf der rechten Seite sind die beiden Streifenleiter 16 und 19 durch eine Leitungsbrücke 24 miteinander verbunden, die vorzugsweise als Streifenleiter der gleichen Breite ausgeführt sein kann. Die beiden Enden der Streifenleiter 17 und 18 sind ebenfalls durch eine Leitungsbrücke 25 miteinander verbunden, die dann beispielsweise als gegenüber der Leitungsbrücke 24 elektrisch isolierte Drahtbrücke ausgeführt sein kann. Auf der linken Seite sind jeweils die Enden a und b sowie d und e' der Streifenleiter 16 und 17 bzw. 18 und 19 auf der Oberfläche des Substrats 8 einander gegenüber angeordnet.

In der Ausführungsform gemäß Figur 3 ist auf der unteren Flachseite des Substrats 8 eine Struktur aus Streifenleitern 20 bis 23 angeordnet, die derart gestaltet ist, daß sich von der oberen Flachseite aus betrachtet eine deckungsgleiche Anordnung der Streifenleiter 20 bis 23 ergibt. In dieser von der oberen Flachseite nicht sichtbaren und deshalb gestrichelt dargestellten Leiterbahnstruktur 11 sind ebenfalls jeweils zwei Streifenleiter 20 und 21 bzw. 22 und 23 spiegelsymmetrisch zur Symmetrieachse A', B' angeordnet. Die Symmetrieachsen A, B und A', B' liegen auf den beiden Flachseiten des Substrats 8 parallel zueinander und einander gegenüber. Auf der rechten Seite sind die Enden der Streifenleiter 22 und 21 und die Enden der Streifenleiter 20 und 23 jeweils durch eine Brücke 26 bzw. 27 miteinander verbunden. In dieser Ausführungsform besteht die Leitungsbrücke 26 aus einem Streifenleiter, während die Leitungsbrücke 27 als Drahtbrücke ausgeführt ist, die gegenüber der Brücke 26 elektrisch isoliert ist. Auf der linken Seite sind an der Klemme c die Anfänge der Streifenleiter 20 und 21 miteinander verbunden, während die Anschlüsse d' und e einander gegenüber angeordnet sind. Gemäß Figur 1 ist der Anschluß d der Leiterbahnstruktur 10 auf der oberen Flachseite durch eine Leitungsbrücke verbunden mit dem Anschluß d' der Leiterbahnstruktur 11 auf der unteren Flachseite. Das gleiche gilt für die

Anschlüsse e' und e. Diese Leitungsverbindungen können in einfacher Weise dadurch hergestellt werden, daß an den entsprechenden Stellen das Substrat 8 mit einer Bohrung und einer elektrisch leitenden Füllung, beispielsweise aus Lötmetall, versehen wird. Wird in dieser Ausführungsform eines Leitungstransformators in das Tor 1 ein Signal eingespeist, so wird dieses Signal symmetrisch auf die Tore 3 und 4 verteilt. In gleicher Weise wird ein im Tor 2 eingespeistes Signal symmetrisch auf die Tore 3 und 4 verteilt. Zum Betrieb einer zirkular polarisierenden Antenne eines Kernspintomographen können beispielsweise an Tor 1 der Empfänger, an Tor 2 der Sender und an die Tore 3 und 4 unter Zwischenschaltung eines 90°-Zweiphasennetzwerkes die beiden Antennentore angeschlossen werden.

In der Ausführungsform gemäß den Figuren 4 und 5 sind auf der oberen und unteren Flachseite des Substrats 8 Leiterbahnstrukturen 12 und 13 angeordnet, die jeweils aus Streifenleitern 31 bis 36 bzw. 37 bis 42 bestehen. Die Leiterbahnstruktur 12 soll auf der oberen und die Leiterbahnstruktur 13 auf der unteren Flachseite des Substrats 8 angeordnet sein. Wie in der Ausführungsform gemäß den Figuren 2 und 3 bilden die Streifenleiter 31 und 32 sowie 33 und 34 und auch 35 und 36, die aus Ringteilen bestehen, und jeweils spiegelsymmetrisch zur Symmetrieachse A, B angeordnet sind, konzentrische Ringe. Die Streifenleiter 31 und 34 sind an ihren rechten Enden und die Streifenleiter 34 und 35 an ihren linken Enden jeweils durch eine Leitungsbrücke 44 bzw. 45 miteinander verbunden, die als Streifenleiter ausgeführt sind. Diese Brücken 44 und 45 werden jeweils durch eine weitere Brücke 46 und 47 gekreuzt, welche die Streifenleiter 32 und 33 bzw. 33 und 36 elektrisch leitend miteinander verbinden. Die Enden a und b der Streifenleiter 31 und 32 auf der linken Seite liegen einander gegenüber. In ähnlicher Weise liegen auf der rechten Seite die Enden der Streifenleiter 35 und 36 einander gegenüber. In der Leiterbahnstruktur 13 auf der unteren Flachseite des Substrats 8 sind gemäß Figur 1 die beiden Enden der Streifenleiter 37 und 38 mit einer Brücke c versehen. Ebenso sind die Streifenleiter 39 und 42 auf der linken Seite durch eine Leitungsbrücke 48 miteinander verbunden, die vorzugsweise aus einem Streifenleiter besteht. Durch eine weitere Leitungsbrücke 49 sind die Enden der Streifenleiter 38 und 39 auf der rechten Seite elektrisch miteinander verbunden. Die linken Enden der Streifenleiter 40 und 41 sind ebenfalls durch eine Leitungsbrücke 50 miteinander verbunden, die beispielsweise aus einem angelöteten Draht bestehen kann, der isoliert gegenüber der Streifenleiterbrücke 48 ausgeführt ist. In gleicher Weise sind auf der rechten Seite die Enden der Streifenleiter 37 und 40 durch

eine Leitungsbrücke 51 miteinander verbunden, die isoliert gegenüber der Streifenleitungsbrücke 49 ausgeführt ist. Gemäß Figur 1 sind die Enden d' und e' der Streifenleiter 42 und 41 mit den Enden d bzw. e' der Streifenleiter 35 und 36 auf der oberen Flachseite elektrisch verbunden. Diese Leitungsverbindung kann in besonders einfacher Weise dadurch hergestellt werden, daß das Substrat 8 an diesen Enden durchkontaktiert ist, da sich die Enden der Streifenleiter durch die deckungsgleiche Anordnung auf den gegenüberliegenden Flachseiten jeweils am gleichen Ort befinden. Die Ausführungsform mit einer ungeraden Zahl von Ringen (Figuren 4 und 5) hat gegenüber der Ausführungsform mit einer geraden Zahl von Ringen (Figuren 2 und 3) den Vorteil, daß das Klemmenpaar d, e (Tor 2 in Fig. 1) von den übrigen Toren räumlich weiter entfernt ist.

Im Ausführungsbeispiel wurde eine Bauform der Leiterbahnstrukturen angenommen, die jeweils praktisch aus konzentrischen Halbkreisen bestehen, weil man mit Ringen die größte Induktivität bei kürzester Leitungslänge, d.h. bei geringsten elektrischen Verlusten, erhält. Es können jedoch auch andere Muster vorgesehen sein, die beispielsweise aus Ellipsen oder Rechtecken bestehen und bei denen die beiden Hälften einer Leiterbahnstruktur symmetrisch zu einer Mittelachse auf einer Flachseite des Substrats angeordnet sind.

## Ansprüche

1. Leitungstransformator, **gekennzeichnet** durch folgende Merkmale:

a) die Flachseiten eines als Dielektrikum vorgesehenen scheibenförmigen Substrats (8) sind jeweils mit einer Leiterbahnstruktur (10, 11) versehen,

b) diese Leiterbahnstrukturen (10, 11) bestehen aus konzentrischen Streifenleitern (16 bis 23), sie sind deckungsgleich ausgeführt und übereinander mit dem Substrat (8) als Zwischenlage angeordnet,

c) jede Leiterbahnstruktur (10, 11) besteht aus zwei Mustern, die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieachse (A, B bzw. A', B') angeordnet sind,

d) die Symmetrieachsen (A, B und A', B') verlaufen einander parallel und liegen einander gegenüber an jeweils einer der Flachseiten des Substrats (8) (Fig. 2 und 3).

2. Leitungstransformator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leiterbahnstrukturen (10 bis 13) im wesentlichen aus Halbringen bestehen.

3. Leitungstransformator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Halbringe (31 bis

36) auf den beiden Flachseiten des Substrats (8) eine ungerade Zahl von Ringen bilden (Figuren 4 und 5).

4. Leitungstransformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den auf den beiden Flachseiten des Substrats (8) einander gegenüberliegenden Enden (d, d' und e, e') der Streifenleiter (19, 22 bzw. 18, 23) metallisierte Bohrungen als Leitungsbrücken vorgesehen sind.

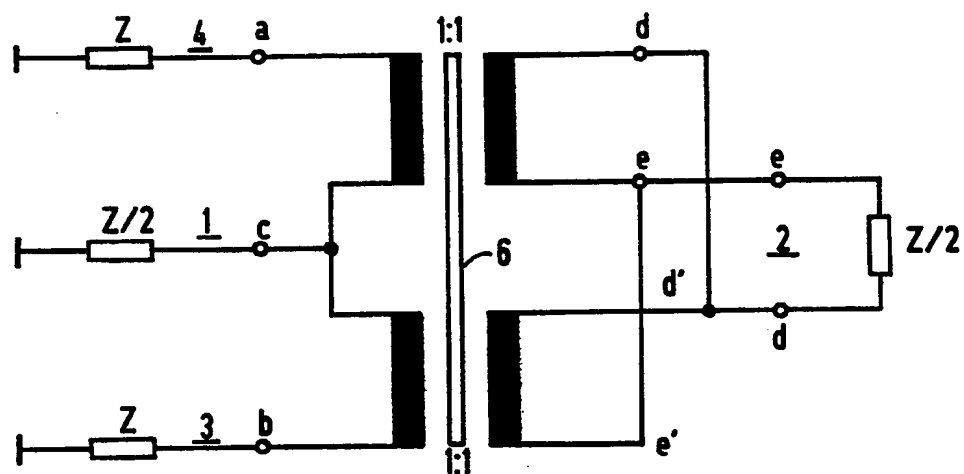


FIG 1

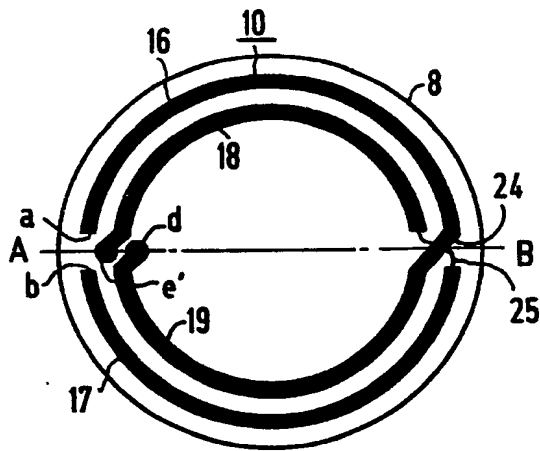


FIG 2

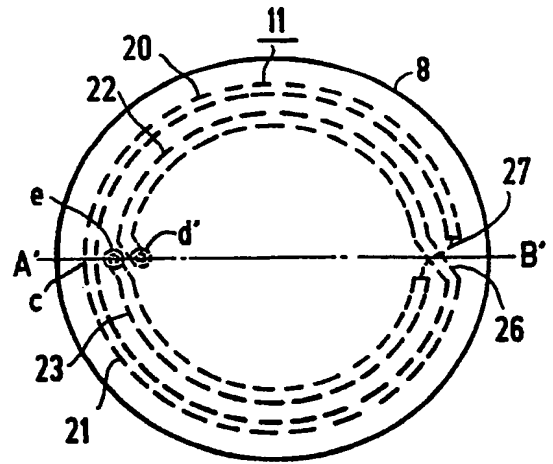


FIG 3

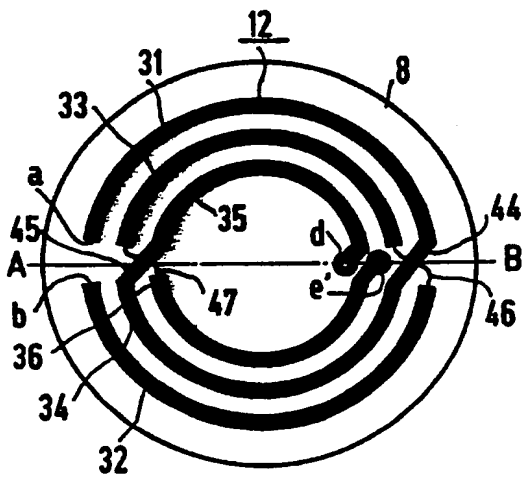


FIG 4

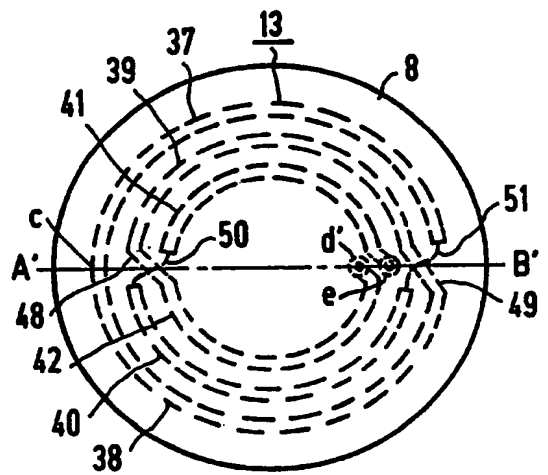


FIG 5



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 88 11 9827

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 129 (E-403)(2186) 14 Mai 1986, & JP-A-60 258911 (FUJI XEROX K.K.) 20 Dezember 1985, * siehe das ganze Dokument * ---	1-4.	H01F27/28
A	WO-A-8707074 (RAWLS) * Seite 5, Zeile 16 - Zeile 27; Figuren 3, 4. * ---	1, 3.	
A	GB-A-1233894 (THE PLESSEY CIE.) ---		
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN vol. 8, no. 5, Oktober 1965, NEW-YORK U.S. Seite 723 D.J. CRAWFORD: "ETCHED TRANSFORMER" -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H01F
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27 JULI 1989	Prüfer BIJN E.A.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			